



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 100 65 356 C 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 16 D 23/12  
H 02 P 3/08  
H 02 P 3/12

21 Aktenzeichen: 100 65 356.1-12  
22 Anmeldetag: 27. 12. 2000  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 9. 2002

DE 100 65 356 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
GKN Automotive GmbH, 53797 Lohmar, DE

74 Vertreter:  
Harwardt Neumann Patent- und Rechtsanwälte,  
53721 Siegburg

72 Erfinder:  
Nestler, Frank, Dipl.-Ing., 53225 Bonn, DE

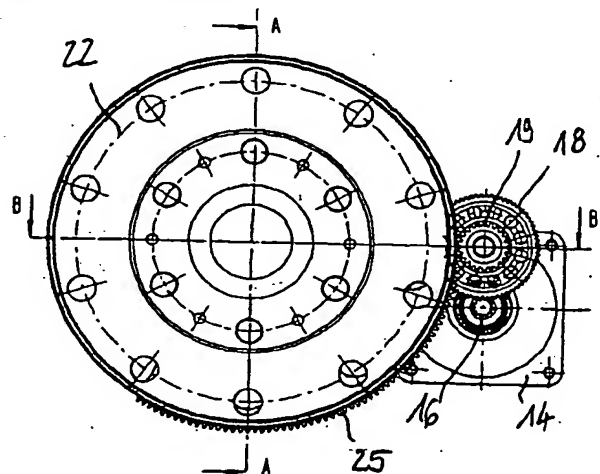
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 39 20 861 C2  
DE 39 15 959 C2  
DE 39 09 112 C2  
DE 38 15 225 C2

Bremsen von elektromotorischen Antrieben (II).  
In: Der Elektromeister + deutsches Elektrohandwerk  
17/1983, Seite 1121-1124;

54 Elektromechanische Drehmomentregelung - Beschleunigung des Rücklaufs

57 Verfahren zum Rückstellen einer elektromechanischen Axialverstellvorrichtung, insbesondere für Reibungskupplungen, wobei die Axialverstellvorrichtung folgendes umfaßt:  
zwei auf einer gemeinsamen Achse zentrierte Stellringe, von denen einer axial abgestützt und der andere axial verschiebbar gelagert ist und von denen einer verdrehgesichert in einem Gehäuse gehalten und der andere drehend antreibbar ist. Die beiden Stellringe weisen jeweils auf ihren einander zugewandten Stirnflächen eine gleich große Mehrzahl von in Umfangsrichtung verlaufenden Rillen auf. Die Rillen haben jeweils in Aufsicht auf die Stirnflächen in gleicher Umfangsrichtung ansteigende Tiefe. Jeweils Paare von Rillen in den beiden Stellringen nehmen eine Kugel auf. Der drehend antreibbare Stellring ist mit einem Elektromotor antriebsmäßig gekoppelt. Der axial verstellbare Stellring wird von Druckfedern in Richtung auf den axial abgestützten Stellring beaufschlagt. Beim Anlegen einer positiven Spannung an den Elektromotor (positive Bestromung) fährt die Axialverstellvorrichtung in eine Vorschubstellung, beim Trennen der Spannung vom Elektromotor (Stromlössetzen) läuft die Axialverstellvorrichtung in eine Ausgangsstellung zurück.



BEST AVAILABLE COPY

DE 100 65 356 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rückstellen einer elektromechanischen Axialverstellvorrichtung, insbesondere für Reibungskupplungen, wobei die Axialverstellvorrichtung folgendes umfaßt:

zwei auf einer gemeinsamen Achse zentrierte Stellringe, von denen einer axial abgestützt und der andere axial verschiebbar gelagert ist und von denen einer verdrehgesichert in einem Gehäuse gehalten und der andere drehend antreibbar ist,

die beiden Stellringe weisen jeweils auf ihren einander zugewandten Stirnflächen eine gleich große Mehrzahl von in Umfangsrichtung verlaufenden Rillen auf, die Rillen haben jeweils in Aufsicht auf die Stirnflächen in gleicher Umfangsrichtung ansteigende Tiefe, jeweils Paare von Rillen in den beiden Stellringen nehmen eine Kugel auf,

der drehend antreibbare Stellring ist mit einem Elektromotor antriebsmäßig gekoppelt,

der axial verstellbare Stellring wird von Druckfedern in Richtung auf den axial abgestützten Stellring beaufschlagt, beim Anlegen einer positiven Spannung an den Elektromotor fährt die Axialverstellvorrichtung in eine Vorschubstellung,

beim Trennen der Spannung vom Elektromotor läuft die Axialverstellvorrichtung in eine Ausgangsstellung zurück.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin eine elektromechanische Axialverstellvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0003] Axialverstellvorrichtungen der genannten Art sind einfach aufgebaut, haben eine kompakte Bauweise und kurze Ansprechzeiten, wie sie z. B. für Reibungskupplungen in Sperrdifferentialen erforderlich sind. Anwendungen dieser als "Powr-Lok®" bezeichneten Verstellvorrichtungen sind in DE 39 20 861 C2, DE 39 15 959 C2, DE 39 09 112 C2, DE 38 15 225 C2 und DE 100 33 482.2 beschrieben. Es ist dort bereits mehrfach darauf hingewiesen worden, daß zum Erreichen einer Kompatibilität der damit bestückten Sperrdifferentialen mit Fahrzeugen mit ABS-Systemen und/oder mit ESP-Systemen die Fähigkeit zur schnellen Rückstellung dieser Axialverstellvorrichtungen notwendig ist. Eine solche Rückstellung wird durch Rückstellfedern bewirkt, die entweder als Spiralfedern unmittelbar den verdrehten Stellring zurückdrehen und dadurch den axial verschobenen Stellring zurückkommen lassen oder die als Axialfedern bei selbsthemmungsfreien Rillenanordnungen den axial verschobenen Stellring zurückdrücken und dadurch den verdrehten Stellring zurückdrehen.

[0004] Zur Beschleunigung des Rückstellvorganges ist es bereits versucht worden, den Elektromotor zum Rückstellen mit einer negativen Spannung zu beaufschlagen. Die Ergebnisse dieses Rückstellverfahrens sind noch unbefriedigend und müssen für beschleunigte Regelzyklen weiter verbessert werden.

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren ist gekennzeichnet durch die Schritte:

zum Rückstellen wird zunächst eine negative Spannung am Elektromotor angelegt, und beim Erreichen der Leerlaufdrehzahl des Elektromotors wird der Elektromotor von der Spannung getrennt.

[0006] Durch die hiermit angegebene Regelstrategie kann ein erheblicher Zeitgewinn gegenüber dem einfachen, passiven Rücklaufen durch Federkraft erzielt werden, indem insbesondere in der Beschleunigungsphase die Federkraft durch den elektromotorischen Antrieb unterstützt wird. Ein Zeitgewinn ergibt sich aber überraschenderweise ebenfalls gegenüber einer dauernd aufgeschalteten, negativen Span-

nung während des Rücklaufens, die bei Überschreiten der Leerlaufdrehzahl durch die induzierte Gegenspannung in ihrer Wirkung konterkariert wird.

[0007] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung muß eine Spannungsumkehrschaltung für den Elektromotor und eine Motordrehzahlerfassungsschaltung für den Elektromotor umfassen, die miteinander über die Leerlaufdrehzahl des Elektromotors derart logisch verschaltet sind, daß die Spannungsumkehrschaltung getrennt wird, wenn beim Rückstellen der Vorrichtung die Leerlaufdrehzahl des Elektromotors erreicht ist.

[0008] Um den Zeitpunkt des Unterbrechens der negativen Spannung am Elektromotor bestimmen zu können, sind entsprechende direkte Drehzahlüberwachungsmittel geeignet. Vereinfachend kann jedoch auch bei bekanntem, dynamischem Verhalten der Axialverstellvorrichtung eine einfache Zeitschaltung das Aufschalten der negativen Spannung am Elektromotor zeitlich begrenzen.

[0009] Axialverstellvorrichtungen der genannten Art, insbesondere solche, die durch verstärkte Rückstellfedern bzw. durch Schaltungsanordnungen zur Spannungsumkehr auf einen schnellen Rücklauf für ein schnelles Trennen der Reibungskupplung ausgelegt sind, erfahren am Ende des Rücklaufes einen harten Stoß aufgrund des Anschlages der Kugeln an den Rillennenden der Kugelrillen der Stellringe. Dieser Stoß ist derart heftig, daß er in Fahrzeugen als unzulässige Komfortbeeinträchtigung angesehen wird. Darüber hinaus führt er beim unvorbereiteten Fahrer zur Verunsicherung, da dieser den heftigen Stoß als Schadensfall deuten wird.

[0010] Hiervon ausgehend ist es notwendig, einen schnellen Rücklauf mit einem gedämpften Anschlagverhalten zu ermöglichen. Eine entsprechende Verbesserung bietet ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, daß beim Rückstellen kurz vor Erreichen der Ausgangsstellung der Elektromotor zur Erzeugung eines Bremsmomentes kurzgeschlossen wird oder ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, daß beim Rückstellen kurz vor Erreichen der Ausgangsstellung zur Erzeugung eines Bremsmomentes kurzzeitig eine positive Spannung am Elektromotor angelegt wird. Mit den hier angegebenen Mitteln wird somit am Ende des Rückstellvorgangs kurz vor Erreichen der Endanschläge durch die Kugeln ein Verfahren zum elektrischen Abbremsen zur Anwendung gebracht, das mit geringem, zusätzlichem Schaltungsaufwand darzustellen ist, während die zugrundeliegende, mechanische Konfiguration unverändert bleiben kann. Eine geeignete Vorrichtung umfaßt einen Drehstellungssensor, der an einem drehenden Teil, z. B. am ersten Stellring, in Position gebracht wird und der kurz vor Erreichen der Endanschläge in den Kugelrillen durch die Kugeln den entsprechenden Schaltvorgang einleitet, d. h. entweder eine Kurzschlußschaltung vornimmt oder eine positive Spannung aufschaltet. In einfacher Ausführung kann statt berührungsloser Sensormittel auch die Verwendung einfacher Schaltkontakte vorgesehen werden, die zunächst kurz vor Erreichen der Endanschläge die Kurzschlußschaltung bzw. die Spannungsverbindung bewirken und bei Erreichen der Endanschläge in den Kugelrillen durch die Kugeln den Elektromotor freischalten. Die genannten Mittel zur Dämpfung des Anschlages bzw. zur Abbremsung des rücklaufenden Elektromotors stellen einen wesentlich geringeren Aufwand dar, als es mechanische Bremsen und/oder Dämpfer erfordern würden.

[0011] Es findet vorzugsweise ein permanent erregter Gleichstrommotor Verwendung.

[0012] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachstehend erläutert.

[0013] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Axialverstellvorrichtung in einer ersten Axialansicht;  
 [0014] Fig. 2 zeigt die Vorrichtung nach Fig. 1 im Schnitt A-A;  
 [0015] Fig. 3 zeigt die Vorrichtung nach Fig. 1 in axialer Gegenansicht zu Fig. 1;  
 [0016] Fig. 4 zeigt die Vorrichtung nach Fig. 1 im Schnitt B-B;  
 [0017] Fig. 5 zeigt die Vorrichtung in der Darstellung nach Fig. 4, jedoch in Ansicht;  
 [0018] Fig. 6 zeigt einen drehend antreibbaren Stellring der Vorrichtung als Einzelheit in axialer Ansicht auf die Rillen;  
 [0019] Fig. 7 zeigt den Stellring nach Fig. 6 im Schnitt A-A;  
 [0020] Fig. 8 zeigt einen Zylinderschnitt durch eine Rille in Vergrößerung;  
 [0021] Fig. 9 zeigt die Einzelheit X aus Fig. 7;  
 [0022] Fig. 10 zeigt die Einzelheit Y aus Fig. 7;  
 [0023] Fig. 11 zeigt den Stellring nach Fig. 6 in einer perspektivischen Ansicht;  
 [0024] Fig. 12 zeigt den zweiten Stellring der Vorrichtung nach Fig. 1 in Aufsicht auf die Stirnfläche mit den Rillen;  
 [0025] Fig. 13 zeigt den Stellring nach Fig. 12 im Schnitt A-A;  
 [0026] Fig. 14 zeigt einen Zylinderschnitt durch eine Rille in Vergrößerung;  
 [0027] Fig. 15 zeigt den Schnitt B-B aus Fig. 12;  
 [0028] Fig. 16 zeigt den Stellring nach Fig. 12 in perspektivischer Schrägansicht;  
 [0029] Fig. 17 zeigt eine erfindungsgemäße Stellvorrichtung in Verwendung mit einem Differentialgetriebe in einem Teilschnitt;  
 [0030] Fig. 18 zeigt eine Anordnung nach Fig. 17 im Axialschnitt;  
 [0031] Fig. 19 zeigt verschiedene Kenngrößen bei einer optimierten Freischaltstrategie;  
 [0032] Fig. 20 zeigt den Drehmomentverlauf für die erfindungsgemäße Freischaltstrategie in Verbindung mit bekannten Strategien;  
 [0033] Fig. 21 zeigt die Motordrehzahl über der Zeit für die erfindungsgemäße Freischaltstrategie nach Fig. 20 im Vergleich mit Strategien nach dem Stand der Technik;  
 [0034] Fig. 22 zeigt die Kennlinien für den Drehmomentverlauf und für die Motordrehzahl über der Zeit für eine erfindungsgemäße Abbremsstrategie.  
 [0035] Die Fig. 1 bis 5 werden weitgehend gemeinsam beschrieben. Ein Elektromotor 11 ist mit einer ersten Flanschplatte 12 an einem Lagerblock 13 angeschraubt, der eine zweite Flanschplatte 14 bildet. In dem Lagerblock 13 ist eine Verlängerung der Motorwelle 15 gelagert, die ein erstes Ritzel 16 trägt. In dem Lagerblock 13 ist weiterhin eine Nebenwelle 17 gelagert, die ein weiteres Ritzel 18 trägt, das mit dem Ritzel 16 kämmt und zur Bildung einer Untersetzungsstufe ein weiteres Ritzel 19 trägt. Der Lagerblock 13 ist über den Lagerflansch 14 z. B. an einem Getriebegehäuse zu befestigen. Mit paralleler Achse zur Motorachse ist eine Lagerhülse 21 mit einer Flanschplatte 22 gezeigt, die in dem Getriebegehäuse drehbar gelagert sein kann. Auf der Lagerhülse 21 ist ein erster Stellring 23 mittels eines Radialagers 24 gelagert. Der Stellring 23 umfaßt ein Zahnsegment 25. Das Ritzel 19 der Nebenwelle 17 ist im Verzahnungseingriff mit dem Zahnsegment 25 des ersten Stellrings 23. Parallel zum ersten Stellring 23 liegt ein weiterer Stellring 26, der mit einer Haltenase 27 mit dem Getriebegehäuse in verdrehfestem Eingriff sein kann. Zwischen den Stellringen 23, 26 befinden sich eine Mehrzahl von in einem Käfig 28 gehaltenen Kugeln 29, mittels derer der zweite Stellring 26 auf dem

ersten Stellring 23 zentriert ist. Der erste Stellring 23 stützt sich über ein Axiallager 31 an einer Scheibe 32 ab, die mit einem Sicherungsring 33 auf der Lagerhülse 21 festgelegt ist. Der zweite Stellring stützt sich über ein Axiallager 34 an einer Druckplatte 35 ab, die über Tellerfederpakete 36 in der Flanschplatte 22 gehalten ist. Die Druckplatte 35 wirkt gleichzeitig auf Druckbolzen 37, die die Flanschplatte 22 durchdringen, ein. Kugelrillen in den Stellringen 23, 26, die die Kugeln 29 halten, sind als über dem Umfang entgegengesetzt steigende Rampen ausgeführt. Am Elektromotor sind Kabelanschlüsse 38, 39 erkennbar. Ein Antreiben des Elektromotors 11 verdreht das Zahnsegment 25 und damit den ersten Stellring 23 gegenüber dem zweiten über die Haltenase 27 mit dem Getriebegehäuse in Eingriff befindlichen Stellring 26, der hierdurch gegen die Rückstellkraft der Tellerfedern 36 axial verschoben wird und damit die Druckbolzen 37 beaufschlagt. Zur Funktion der Stellringe ergibt sich näheres aus den folgenden Zeichnungen.

[0036] Die Fig. 6 bis 11 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Der erste Stellring 23 mit dem Zahnsegment 25 zeigt in seiner einen Stirnfläche fünf mit einem Teilungswinkel von  $72^\circ$  auf dem Umfang verteilte Kugelrillen 41 von jeweils  $58^\circ$  Umfangslänge. Wie in Fig. 8 dargestellt ist, haben die Kugelrillen über ihrer Umfangserstreckung einen Steigungswinkel von  $1,5^\circ$  und damit eine veränderliche Tiefe zwischen zwei Anschlägen 42 und 43 für die Kugeln 29. In der geschnitten dargestellten Kugelrille ist die Kugel in ihren zwei Anschlagpositionen strichpunktirt gezeigt.

[0037] Die Fig. 12 bis 16 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Der zweite Stellring 26 weist in seiner Stirnfläche fünf Kugelrillen 44 auf, die mit einem Teilungswinkel von  $72^\circ$  über dem Umfang verteilt sind und eine Umfangslänge von  $58^\circ$  haben.

[0038] Die Haltenase 27 mit einer Führungsnut 47 ist besonders bezeichnet. Die Kugelrillen haben, wie in Fig. 14 im einzelnen erkennbar ist, über dem Umfang eine veränderliche Tiefe aufgrund eines Steigungswinkels von  $1,5^\circ$  und weisen zwei Anschläge 45, 46 für die Kugeln 29 auf. Eine Kugel ist in ihren zwei Anschlagpositionen strichpunktirt dargestellt.

[0039] Die Steigungen der Kugelrillen 44 im zweiten Stellring 26 haben den gleichen Steigungssinn wie die Steigungen der Kugelrillen 41 im ersten Stellring 23. Da die Stellringe 23, 26 mit den die Kugelrillen 41, 44 enthaltenden Stirnflächen zueinander weisend montiert sind, läßt ein Relativverdrehung der beiden Stellringe zueinander eine Kugel 29 in beiden Kugelrillen 41, 44 gleichzeitig aufsteigend oder in beiden Kugelrillen 41, 44 gleichzeitig absteigend abrollen. Der Käfig hält die Kugeln in untereinander übereinstimmenden Positionen in den Kugelrillen. Eine Relativverdrehung der beiden Stellringe 23, 26 zueinander in einer ersten Richtung drückt diese damit auseinander, während eine Relativverdrechung in die entgegengesetzte Richtung diese sich aneinander annähern läßt. Ersteres wird ausschließlich durch ein Antreiben des Elektromotors bewirkt; letzteres wird insbesondere durch die Rückstellkraft der Tellerfedern 36 veranlaßt.

[0040] Die Fig. 17 und 18 werden nachfolgend gemeinsam beschrieben. Eine Verstellvorrichtung der vorgenannten Art ist an einem Differentialgetriebe installiert, das ein Getriebegehäuse 51 aufweist. Die Lagerhülse 21 ist in diesem Fall einstückig mit einem Differentialkorb 52 ausgebildet, der im Differentialgetriebe über Wälzlager 53, 54 drehbar gelagert ist. Im Differentialkorb 52 sind zwei Achswellen 55, 56 gelagert, die Kegelräder 57, 58 tragen. Die Kegelräder sind mit Ausgleichskegelrädern 59, 60 im Eingriff. Eine Reibungskupplung 61 umfaßt erste Reiblamellen 63, die drehfest mit einer Hülse 62 verbunden sind, die auf der

Achswelle 55 festgelegt ist, sowie zweite Reiblamellen 64, die mit dem Differentialkorb 52 drehfest verbunden sind. Die Reibungskupplung 61 ist zwischen einer axialverschiebblichen Druckplatte 65 und einem im Differentialkorb 52 festliegenden Stützkörper 66 angeordnet. Die Druckplatte 65 ist unmittelbar durch die Druckbolzen 37' beaufschlagbar, die bei einer Verdrehung des ersten Stellrings 23' gegenüber dem zweiten Stellring 26' verschoben werden. Der zweite Stellring 26' ist über in Haltenasen 27 eingreifende Stifte 67, 68 drehfest gehalten, die im Differentialgetriebegehäuse 51 festgelegt sind. Durch Verdrehen des Stellrings 23 in eine erste Richtung wird die Reibungskupplung 61 geschlossen, so daß das Differentialgetriebe eine Sperrwirkung entfaltet, während durch Rückdrehen des Stellrings 23 ein Freistellen der Reibungskupplung 61 bewirkt wird, so daß das Differentialgetriebe wieder zum offenen Differential wird.

[0041] In Fig. 19 ist der vorstehend genannte Vorgang des Freischaltens einer Reibungskupplung anhand verschiedener Kenngrößen auf einer Zeitachse dargestellt. Es sind dies das von der Reibungskupplung übertragbare Drehmoment (transmitted torque), der Strom (current) im Elektromotor und dessen Drehgeschwindigkeit (rotational speed rotor). Im Bereich negativer Zeiten ist der Zustand der Verstellvorrichtung in der äußersten Vorschubstellung dargestellt. Von der Zeit 0,0 beginnend wird die Verstellvorrichtung schnellstmöglich und unter Vermeidung von Anschlagstößen in die Ausgangsstellung zurückgefahren. Im Bereich der negativen Zeiten ist der Strom pulsweitenmoduliert mit Rechtecksprüngen zwischen 0 und ca. 25 A charakterisiert. Das von der Reibungskupplung übertragbare Drehmoment liegt konstant bei nahezu 2000 Nm. Die Motordrehzahl des Elektromotors schwankt mit der Frequenz der Pulsweitenmodulation nahe um 0.

[0042] Zur Zeit 0,0 wird der Elektromotor negativ bestromt (Active Disconnection), wodurch die Motordrehzahl auf negative, rückdrehende Werte hochläuft und das übertragbare Drehmoment durch Öffnen der Reibungskupplung abnimmt. Nach einer Zeit von ca. 0,01 Sekunden wird der Strom ausgeschaltet, so daß bei der Zeit von 0,015 Sekunden der Strom im Elektromotor 0 wird. Das Abschalten des Stroms (Passive Disconnection) ist so gewählt, daß der Elektromotor etwa nach dieser Zeit mit ca. 200 rad./sek seine Nenndrehzahl erreicht, so daß die Drehzahl danach durch die Einwirkung der Tellerfedern weiter rücklaufend ansteigen kann, ohne daß dieses Ansteigen durch die Induzierung einer Gegenspannung im Elektromotor abgebremst wird. Das übertragbare Drehmoment fällt hierbei bis zu einer Zeit von 0,095 Sekunden weiter ab. Bei dieser Zeit wird der Elektromotor kurzgeschlossen (short circuit), so daß ein Kurzschlußstrom innerhalb kürzester Zeit einen Wert von ca. 45 A erreicht. Hierdurch wird die Drehzahl des Motors bis zur Zeit von 0,14 Sekunden wieder auf 0 abgebremst, wobei ein nur geringes Überspringen erfolgt. Das übertragbare Drehmoment hat bereits vorher den Wert 0 erreicht. Aufgrund des elektromotorischen Abbremsvorganges ist der Anschlag der Kugeln in den Rillenanschlagen vollkommen stoßfrei.

[0043] In Fig. 20 ist der Drehmomentverlauf der Reibungskupplung (Transmitted Torque) über der Zeitachse als Folge des erfindungsgemäßen Unterbrechens der Negativbestromung (active "Optimum") im Vergleich mit einer dauernden Negativbestromung (active "Standard") und dem Zurücklaufen ausschließlic unter Federkraft (Passive) dargestellt. Hierbei wird das Zurücklaufen unter Federkraft mit "passive" bezeichnet, das erkennbar den langsamsten Abbau des übertragbaren Drehmomentes bewirkt. Mit "active Standard" wird eine dauernd negative Bestromung des Elektro-

motors bezeichnet, die durch die Induzierung einer Innen-spannung ab ca. 0,04 Sekunden zu einem deutlich verlangsamten Abbau des übertragbaren Drehmoments führt, während mit "active Optimum" eine negative Bestromung angedeutet ist, die bereits bei Erreichen der Leerlaufdrehzahl nach ca. 0,04 Sekunden wieder unterbrochen wird, so daß ein schnellstmöglicher Abstieg des übertragbaren Drehmomentes erfolgt.

[0044] In Fig. 21 sind für die drei im Zusammenhang mit Fig. 20 beschriebenen Freischaltungsarten die Verläufe der Rückstell-drehzahlen des Elektromotors (Rotational Speed Rotor) über der Zeitachse gezeigt. Die zeitliche Spreizung der Drehzahlanstiege ist hierbei ursächlich für die vorgenannten Drehmomentabfälle, wobei sich die Drehzahl 0 bei Erreichen der Endanschläge der Kugelrillen einstellt. Dies findet bei der dauernden Negativbestromung (active Standard) am spätesten und insbesondere deutlich später statt als bei dem freien Rücklauf (passive), während das kurze negative Bestromen ("active Optimum") gemäß der erfindungsgemäßen Verfahrensart zum schnellsten Erreichen des Anschlages führt, das durch den Nulldurchgang der Drehzahlkurve bei gleichzeitigem Überspringen charakterisiert ist. Dieses Überspringen bezeichnet Rückdrehen des Motors infolge eines stoßartigen Rückfederns am Endanschlag der Kugelrillen.

[0045] In Fig. 22 sind zwei den Fig. 20 und 21, nämlich Darstellung des übertragbaren Drehmomentes (Transmitted Torque) und Darstellung der Motordrehzahl bei Rückstellung (Rotational Speed Rotor), für einen weiteren, vorteilhaften Steuerungsvorgang gezeigt, der sich unmittelbar vor dem Erreichen der Endanschläge der Kugelrillen durch die Kugeln abspielt.

[0046] Mit den Kurven "active" ist der Verlauf von Drehmoment und Drehzahl als Folge des kurzen, negativen Bestromens gemäß der Verfahrensart "active Optimum" nach den Fig. 20 und 21 wiedergegeben. Hierbei ist gemäß der Kurve "active" das steile Abfallen der rückdrehenden negativen Motordrehzahl auf 0 und das Überspringen auf eine deutlich positive Drehzahl beim harten Anschlagen der Kugeln in den Kugelrillen erkennbar. Mit der Kurve "active with short circuit" ist der Verlauf von Drehmoment und Drehzahl unter Einwirkung eines kurz vor Erreichen dieses Anschlages erfolgenden Kurzschließens des Elektromotors gezeigt, mit dem ein rechtzeitiges Abbremsen des Motors bewirkt wird, so daß die Drehzahl praktisch stoßfrei auf 0 zurückgeführt wird. Das unerwünschte, harte Anschlagen der Kugeln am Ende der Kugelrillen wird hiermit vermieden.

#### Bezugszeichenliste

- 11 Motor
- 12 Motorflansch (2 Loch)
- 13 Lagerblock
- 14 Lagerflansch (4 Loch)
- 15 Motorwelle
- 16 Ritzel (15)
- 17 Nebenwelle
- 18 Ritzel (17)
- 19 Ritzel (17)
- 20 -
- 21 Lagerhülse
- 22 Flanschplatte
- 23 erster Stellring
- 24 Radiallager
- 25 Zahnsegment
- 26 Zweiter Stellring
- 27 Haltenase

28 Käfig  
 29 Kugeln  
 30 -  
 31 Axiallager  
 32 Scheibe  
 33 Sicherungsring  
 34 Axiallager  
 35 Druckplatte  
 36 Tellerfeder  
 37 Druckbolzen  
 38 Kabel  
 39 Kabel  
 40 -  
 41 Kugelrille  
 42 Anschlag  
 43 Anschlag  
 44 Kugelrille  
 45 Anschlag  
 46 Anschlag  
 47 Führungsnut  
 51 Differentialgetriebegehäuse  
 52 Differentialkorb  
 53 Wälzlager  
 54 Wälzlager  
 55 Achswelle  
 56 Achswelle  
 57 Kegelrad  
 58 Kegelrad  
 59 Ausgleichskegelrad  
 60 Ausgleichskegelrad  
 61 Reiblamellenanordnung  
 62 Hülse  
 63 Reiblamellen  
 64 Reiblamellen  
 65 Druckplatte  
 66 Stützkörper  
 67 Stift  
 68 Stift

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Rückstellen einer elektromechanischen Axialverstellvorrichtung, insbesondere für Reibungskupplungen, wobei die Axialverstellvorrichtung folgendes umfaßt:

zwei auf einer gemeinsamen Achse zentrierte Stellringe (23, 26),

von denen einer axial abgestützt und der andere axial verschiebbar gelagert ist und von denen einer verdrehgesichert in einem Gehäuse gehalten und der andere drehend antreibbar ist,

die beiden Stellringe (23, 26) weisen jeweils auf ihren einander zugewandten Stirnflächen eine gleich große Mehrzahl von in Umfangsrichtung verlaufenden Rillen (41, 44) auf,

die Rillen (41, 44) haben jeweils in Aufsicht auf die Stirnflächen in gleicher Umfangsrichtung ansteigende Tiefe,

jeweils Paare von Rillen (41, 44) in den beiden Stellringen (23, 26) nehmen eine Kugel (29) auf, der drehend antreibbare Stellring (23) ist mit einem Elektromotor (11) antriebsmäßig gekoppelt, der axial verstellbare Stellring (26) wird von Druckfedern (37) in Richtung auf den axial abgestützten Stellring (23) beaufschlagt,

beim Anlegen einer positiven Spannung an den Elektromotor (11) (positive Bestromung) fährt die Axialverstellvorrichtung in eine Vorschubstellung,

beim Trennen der Spannung vom Elektromotor (Stromlossetzen) läuft die Axialverstellvorrichtung in eine Ausgangsstellung zurück,

**gekennzeichnet durch** die Schritte:

5 zum Rückstellen wird zunächst eine negative Spannung am Elektromotor (11) angelegt (negative Bestromung), und

10 beim Erreichen der Leerlaufdrehzahl des Elektromotors wird der Elektromotor (11) von der Spannung getrennt (Stromlossetzen).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Rückstellen kurz vor Erreichen der Ausgangsstellung der Elektromotor zur Erzeugung eines Bremsmomentes kurzgeschlossen wird (Kurzschlußstrom).

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Rückstellen kurz vor Erreichen der Ausgangsstellung zur Erzeugung eines Bremsmomentes kurzzeitig eine positive Spannung am Elektromotor (positive Bestromung) angelegt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß beim Rückstellen spätestens mit Erreichen der Ausgangsstellung der Axialverstellvorrichtung die Kurzschlußschaltung bzw. die positive Spannungsverbindung am Elektromotor aufgehoben/getrennt wird (Stromlossetzen).

5. Elektromechanische Axialverstellvorrichtung, insbesondere für Reibungskupplungen, zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, wobei die Axialverstellvorrichtung folgendes umfaßt:

30 zwei auf einer gemeinsamen Achse zentrierte Stellringe (23, 26), von denen einer axial abgestützt und der andere axial verschiebbar gelagert ist und von denen einer verdrehgesichert in einem Gehäuse gehalten und der andere drehend antreibbar ist,

35 die beiden Stellringe (23, 26) weisen jeweils auf ihren einander zugewandten Stirnflächen eine gleich große Mehrzahl von in Umfangsrichtung verlaufenden Rillen (41, 44) auf,

40 die Rillen (41, 44) haben jeweils in Aufsicht auf die Stirnflächen in gleicher Umfangsrichtung ansteigende Tiefe,

jeweils Paare von Rillen (41, 44) in den beiden Stellringen (23, 26) nehmen eine Kugel (29) auf,

45 der drehend antreibbare Stellring (23) ist mit einem Elektromotor (11) antriebsmäßig gekoppelt,

der axial verstellbare Stellring (26) wird von Druckfedern (37) in Richtung auf den axial abgestützten Stellring (23) beaufschlagt,

50 gekennzeichnet durch eine Spannungsumkehrschaltung für den Elektromotor und eine Motordrehzahlfassungsschaltung für den Elektromotor, die miteinander über die Leerlaufdrehzahl des Elektromotors zur Spannungsunterbrechung logisch verschaltet sind.

55 6. Axialverstellvorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch einen Drehstellungsaufnehmer an einem drehenden Teil der Axialverstellvorrichtung zur Ansteuerung einer Kurzschlußschaltanordnung für den Elektromotor.

60 7. Axialverstellvorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch einen Drehstellungsaufnehmer an einem drehenden Teil der Axialverstellvorrichtung zur Ansteuerung der Spannungsverbindung für den Elektromotor.

65 8. Axialverstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, gekennzeichnet durch einen Drehstellungsaufnehmer zur Unterbrechung der Spannungsverbindungs- bzw. Kurzschlußschaltungen des Elektromotors

bei Erreichen eines Drehanschlags der Axialverstell-  
vorrichtung in der Ausgangsstellung.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

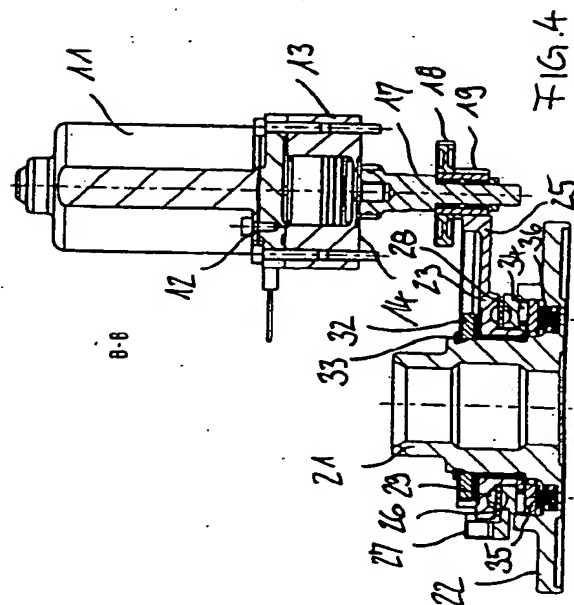
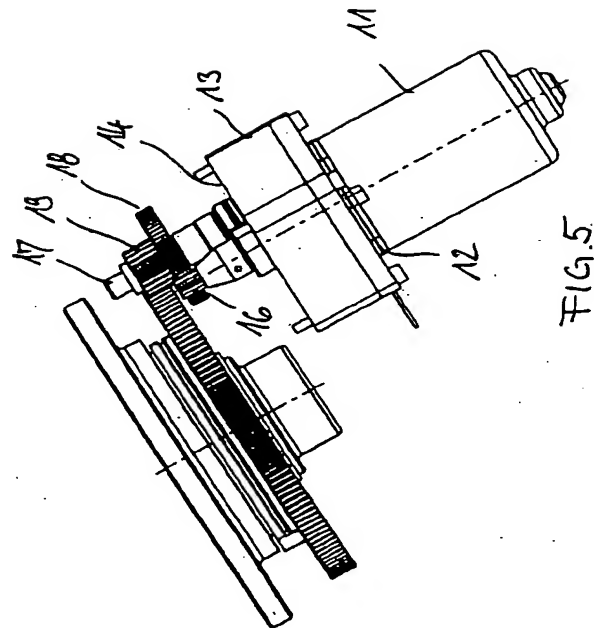
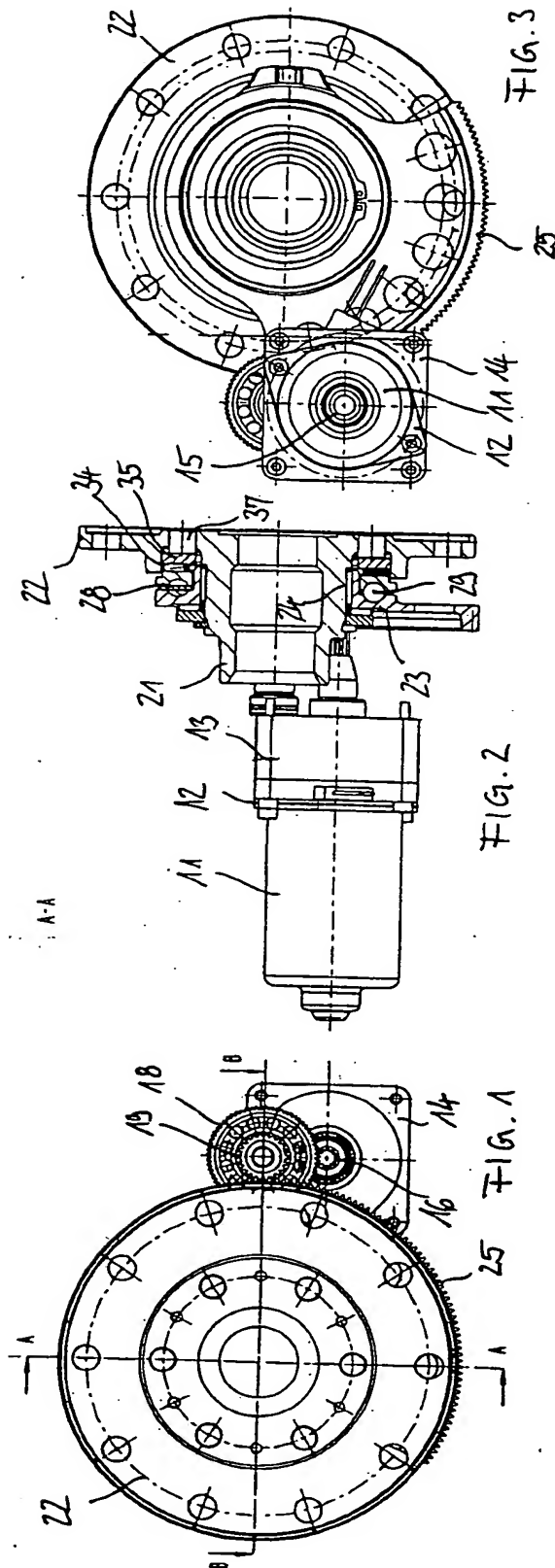
45

50

55

60

65



A-A

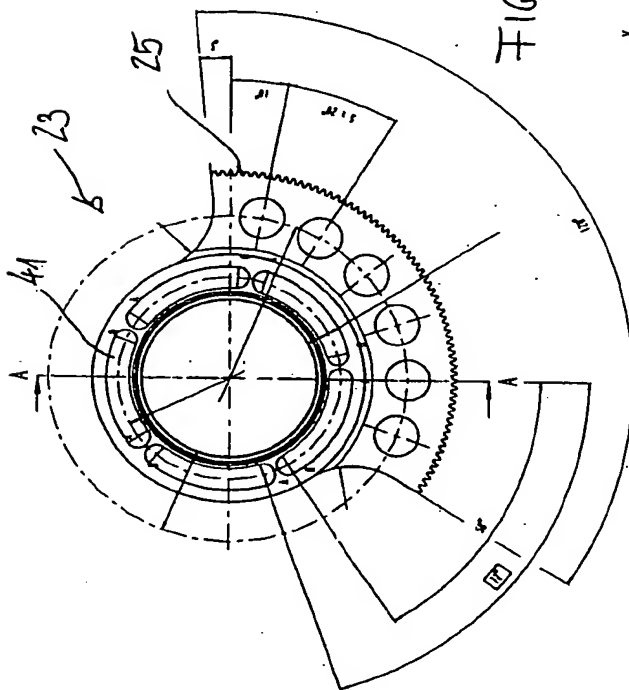


FIG. 6

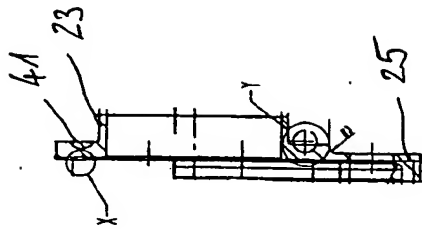


FIG. 7

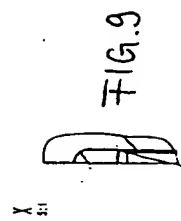


FIG. 9

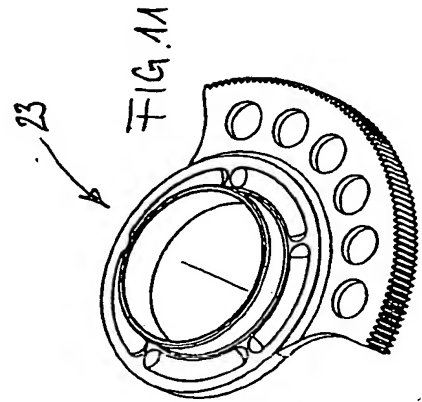


FIG. 11

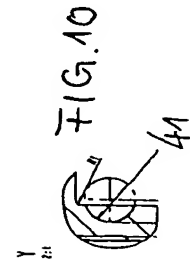


FIG. 10

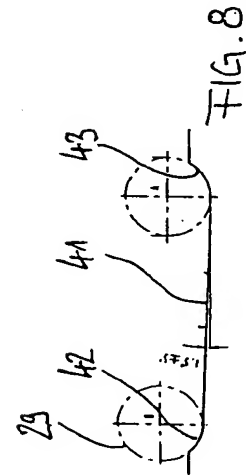


FIG. 8



A-A

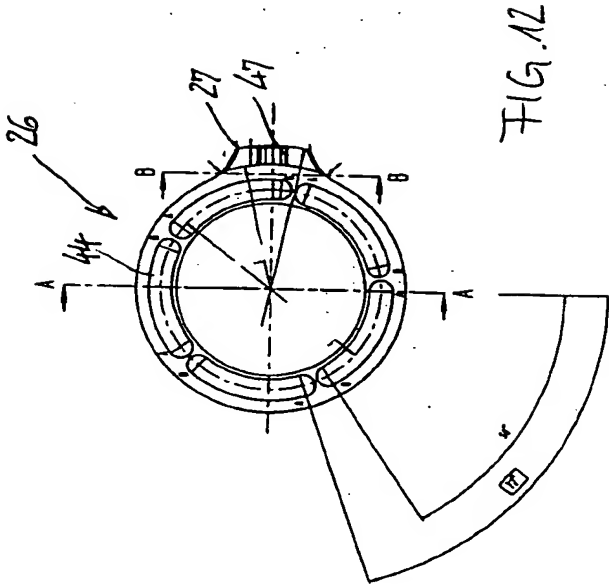


FIG. 12

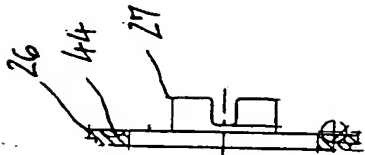


FIG. 13

B-B

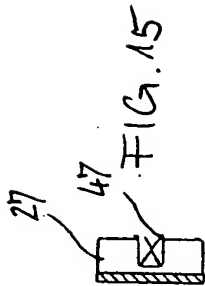


FIG. 15

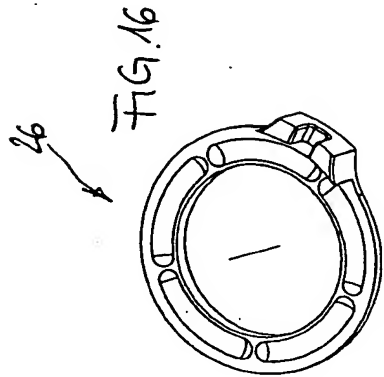


FIG. 16

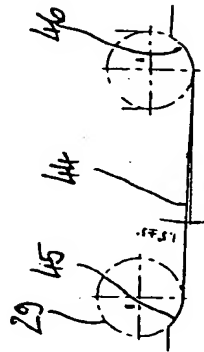


FIG. 14

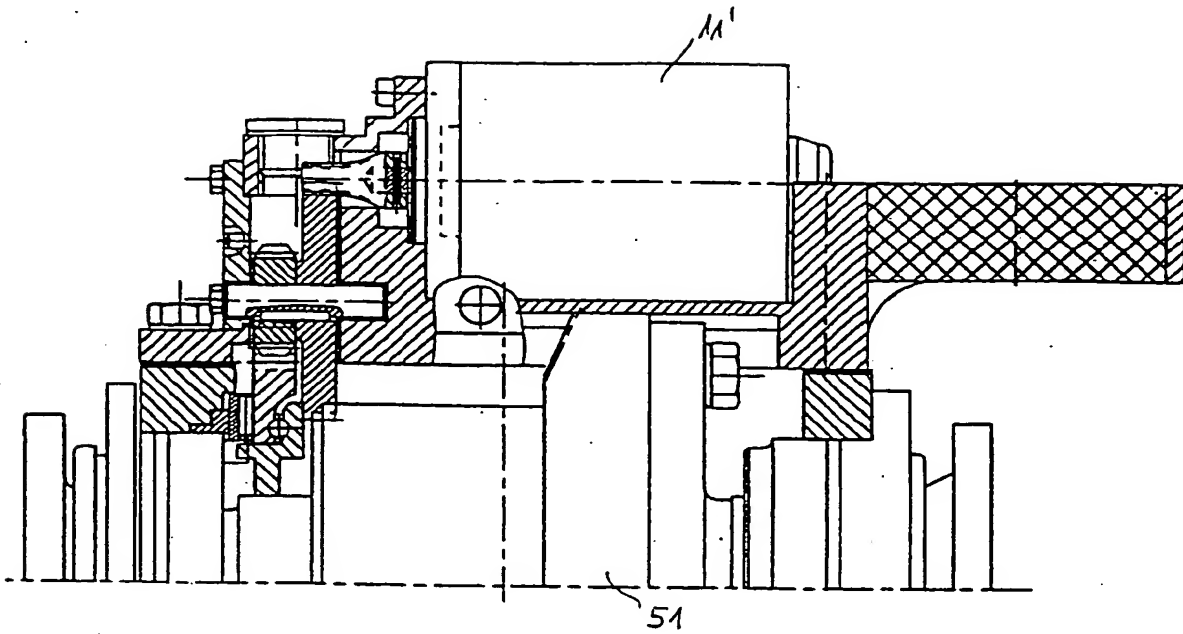


FIG. 17

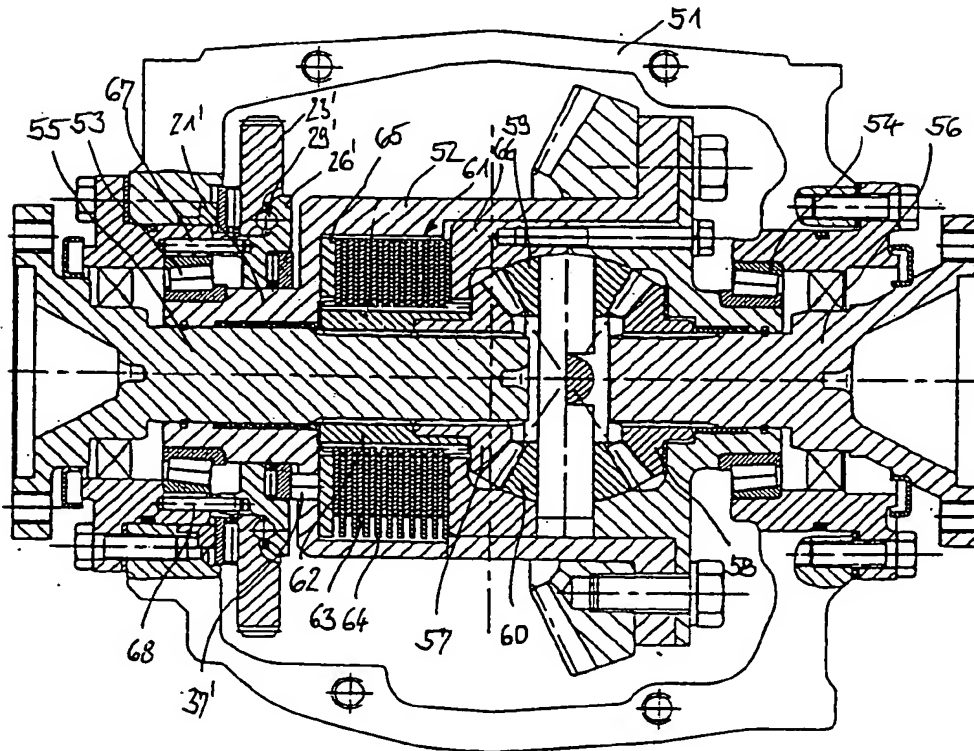
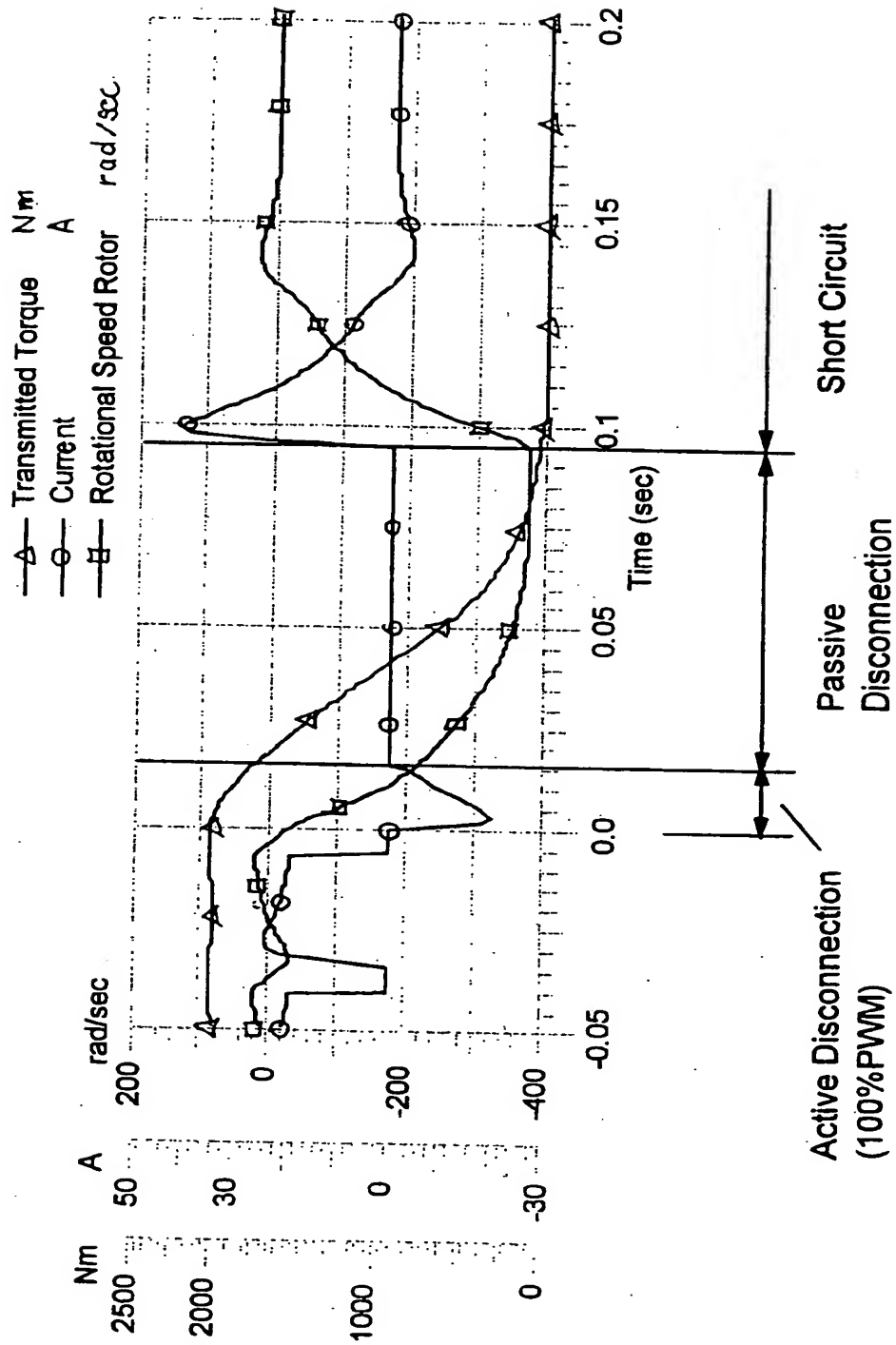
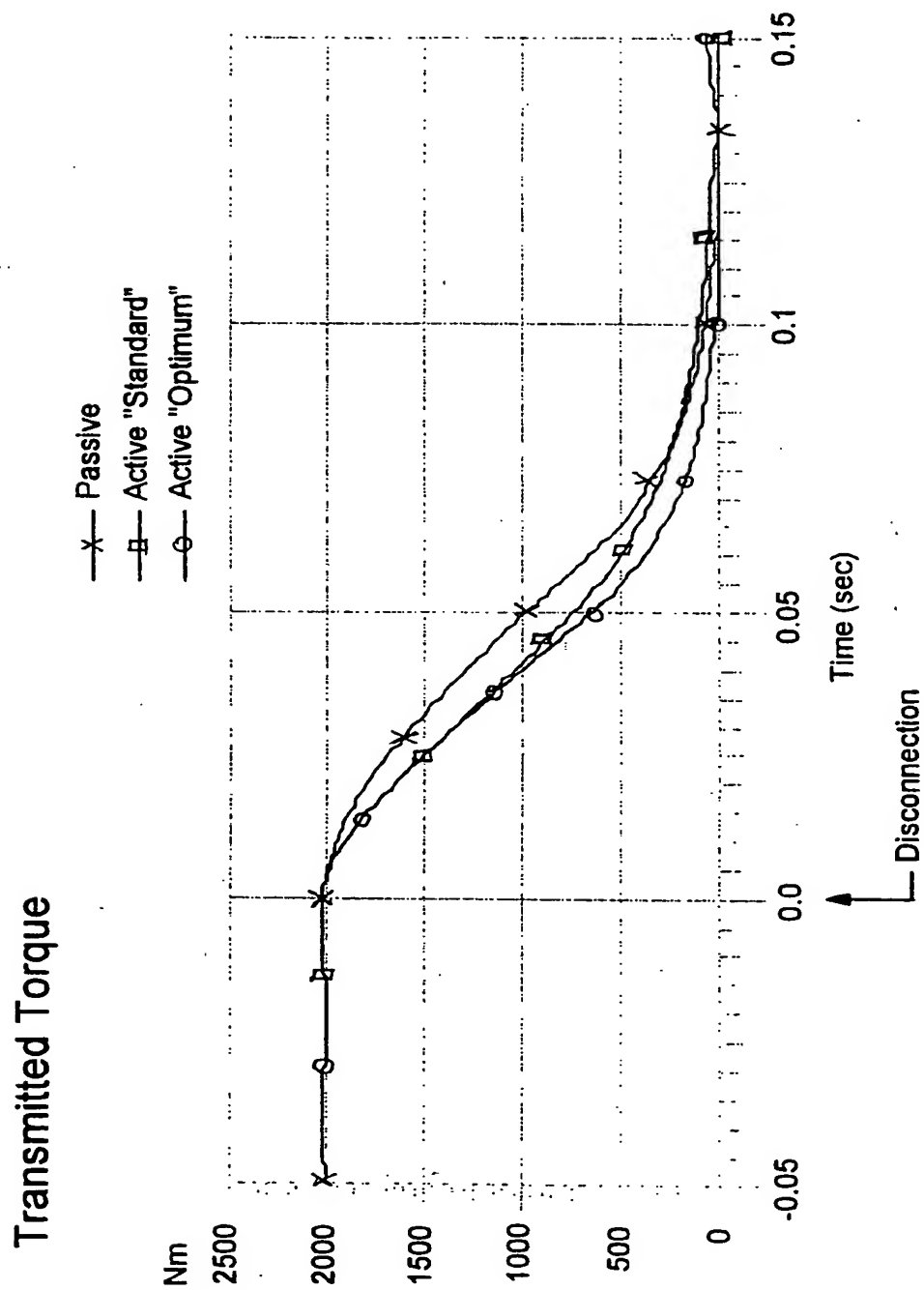


FIG. 18

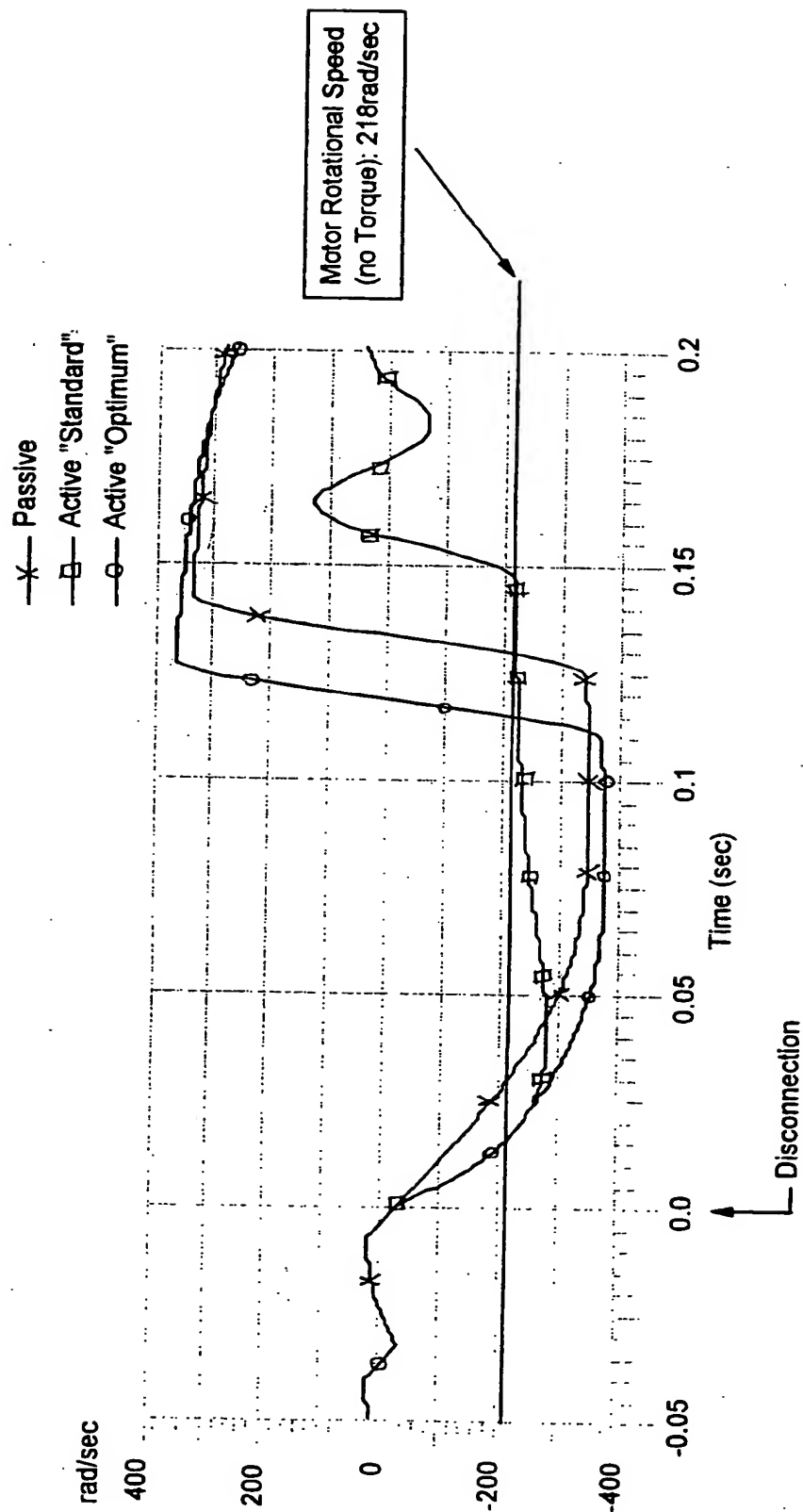
Figur 19



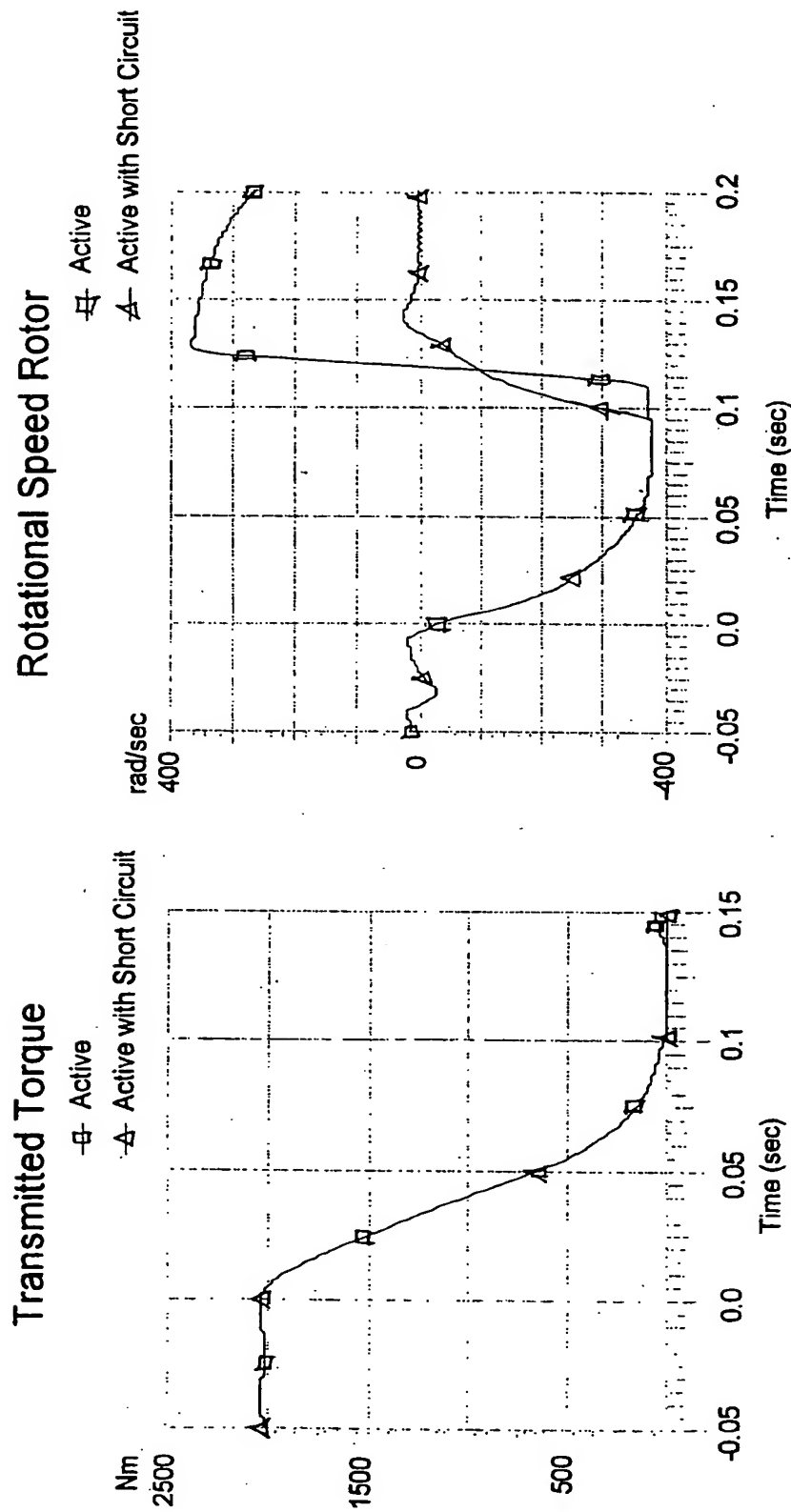


Figur 20

# Rotational Speed Rotor



Figur 21



Figur 22

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**